

## 明 細 書

### 光検出装置及び方法

#### 技術分野

[0001] 本発明は、近接場領域に発生する近接場光を利用して物性を測定する光学顕微鏡等に適用される光検出装置及び方法に関する。

本出願は、日本国において2003年7月8日に出願された日本特許出願番号2003-193680を基礎として優先権を主張するものであり、この出願は参照することにより、本出願に援用される。

#### 背景技術

[0002] 近年、微細加工技術の発展を基盤として、単一分子光メモリ、単一電子デバイスといったナノメートルサイズの微細構造を有する素子が実用化されようとしている。ナノメートルサイズの分解能を有する近接場光学顕微鏡は、上述した素子の開発或いは評価に欠かせない技術として注目されている。この近接場光学顕微鏡は、例えば試料からの発光或いは透過光の光強度、波長、偏光等を検出することにより、試料から得られる発光や透過光から試料の物性を知ることができる。

近接場光学顕微鏡は、コアの周囲にクラッドが設けられた光ファイバの一端に先鋭化した上記コアを突出させた突出部を有し、当該突出部に例えばAuやAg等の金属により被覆された光プローブを備え、光の波長を超えた分解能を有する光学像を得ることができる。すなわち、かかる近接場光学顕微鏡を利用することにより、ナノメートル級の分解能で試料の微小領域における物性を測定することに加え、書込みや読出し等のメモリ操作、さらには光加工等も行うことが可能となる。この近接場光学顕微鏡に用いられる上述の光プローブについては、既に開示されている。

ちなみに、この近接場光学顕微鏡により試料の微小領域における物性を測定する場合には、試料表面の光の波長より小さい領域に局在するエバネッセント光を検出して試料の形状を測定する。そして、全反射条件下で試料に光が照射されることにより生じたエバネッセント光を上述した光プローブにより散乱させて散乱光に変換する。この変換された散乱光は、光プローブが形成されている突出部を通じて光ファイバの

コアに導かれ、光ファイバのもう一方の出射端に接続された検出器により検出される。すなわちこの近接場光学顕微鏡は、突出部の設けられた光プローブにより散乱と検出の双方を行うことができる。

ところで、上述の如き近接場光学顕微鏡は、高い分解能で測定ができるものの測定範囲が数十 $\mu$ mと非常に狭いというデメリットがある。一方、通常の伝搬光を用いるレーザ顕微鏡は、広範囲の測定ができる一方で、近接場光学顕微鏡等と比較して分解能が劣るという問題点がある。

また、近接場光学顕微鏡の分解能は、使用する光プローブの開口径により支配されるため、分解能を変えて物性測定を行う場合には、開口径の異なる低分解能用の光プローブを近接場光学顕微鏡へ別途配設する必要がある。このため、近接場光を利用した高分解能の測定へ切り替える場合において、利用する光プローブを常時付け替える必要性が生じ、ユーザの過大な労力を解消することができず、物性測定を望む微小領域に対して既に合わせ込んだ光プローブの位置がずれてしまうという問題点もあった。

## 発明の開示

### 発明が解決しようとする課題

[0003] 上述の如き従来の実状に鑑み、本発明の目的は、装着された一つの光プローブにより、通常の伝搬光を利用した広範囲測定と、近接場光を利用した高分解能測定の双方を実現することができる光検出装置及び方法を提供することにある。

すなわち、本発明に係る光検出装置は、上述の課題を解決するために、光ファイバプローブの先端を被測定面へ対向させ、光ファイバプローブからの光によるスポットを被測定面上に形成させるとともに、被測定面からの光を上記光ファイバプローブにより検出する光検出装置において、光ファイバプローブのコアを伝搬した伝搬光を利用した広範囲測定モードと、光ファイバプローブのコアを滲出した近接場光を利用した高分解能測定モードとを有する。

本発明を適用した光検出方法は、上述の課題を解決するために、光ファイバプローブの先端を被測定面へ対向させ、光ファイバプローブからの光によるスポットを被測定面上に形成されるとともに、被測定面からの光を光ファイバプローブにより検出

する光検出方法において、光ファイバプローブのコアを伝搬した伝搬光を利用した広範囲測定モードと、光ファイバプローブのコアを滲出した近接場光を利用した高分解能測定モードとを有する。

#### 図面の簡単な説明

[0004] [図1]図1は、本発明を適用した光検出装置の構成例を示す図である。

[図2]図2は、広範囲測定並びに高分解能測定につき説明するための図である。

[図3]図3は、光源から出射される光の波長 $\lambda$ が830nmである場合における光プロファイルを示す図である。

[図4]図4は、光源から出射される光の波長 $\lambda$ が680nmである場合における光プロファイルを示す図である。

[図5]図5は、光源から出射される光の波長 $\lambda$ を広範囲測定時と高分解能測定時との間で切り替える場合につき説明するための図である。

[図6]図6は、出射開口Dの直径 $t$ に対する光プロファイルの関係を示す図である。

[図7]図7は、出射開口を設けない構成とした光プローブにつき説明するための図である。

[図8]図8は、本発明を適用した光検出装置の他の構成につき説明するための図である。

[図9]図9は、本発明を適用した光検出装置に配設される光プローブの他の構成につき説明するための図である。

#### 発明を実施するための最良の形態

[0005] 以下、本発明の実施の形態について図面を参照しながら詳細に説明する。

本発明は、例えば図1に示すような光検出装置1に適用される。この光検出装置1は、例えば試料の微小領域における物性を測定する近接場光学顕微鏡等に適用され、光を出射する光源11と、光源11から出射された光の光路中に配された偏光ビームスプリッタ12と、偏光ビームスプリッタ12を透過した光の光路中に配された1/4波長板18と、1/4波長板18を通過した光を集光して試料2における被測定面2aへ照射する光プローブ13と、被測定面2aからの戻り光を検出する光検出器14とを備えている。

光源11は、図示しない電源装置を介して受給した駆動電源に基づき光を発振し、後述する各測定モードに応じて出射する光の波長を切り替えることができる光波長変換部17が接続されている。

偏光ビームスプリッタ12は、光源11から出射された光を透過させて、被測定面2aへ導くとともに、被測定面2aからの戻り光を反射させて光検出器14へ導く。この偏光ビームスプリッタ12を透過した光は、1/4波長板18へ入射される。

ちなみに、この偏光ビームスプリッタ12の代替として、通常のビームスプリッタを用いてもよい。

1/4波長板18は、通過する光に $\pi/2$ の位相差を与えるものである。光源11から出射された直線偏光の光は、1/4波長板18を通過して円偏光となり、そのまま光プローブのコア31へ入射される。また被測定面2aを反射して戻ってくる円偏光の光は、この1/4波長板18を通過した場合に、光源から出射された光の偏光方向と異なる直線偏光となるため、上述した偏光ビームスプリッタ12を反射することになる。

光プローブ13は、光導波部21と、突出部22とを備えている。光導波部21は、コア31の周囲にクラッド32が設けられた光ファイバより構成される。コア31及びクラッド32は、それぞれ $\text{SiO}_2$ 系ガラスからなり、F、 $\text{GeO}_2$ 、 $\text{B}_2\text{O}_3$ 等を添加することにより、コア31よりもクラッド32の屈折率が低くなるように組織制御されている。

突出部22は、光導波部21の一端においてクラッドから突出させたコア20aより構成されている。この突出させたコア20aは、図1に示すように先端部13に至るまで徐々に先細になるような勾配が設けられて構成される。この突出させたコア20aの中心部には出射開口Dが設けられている。出射開口Dの直径tは、伝搬モード、透過屈折率、さらには光効率に基づいて決定される。

また、この光プローブ13は、コア31を伝搬する光(以下、伝搬光という)を出射開口Dを介して出射する。この出射された伝搬光は、距離hが、光源から出射される光の波長 $\lambda/4$ より大きい場合において、被測定面2a上に照射されることになる。この伝搬光を利用して被測定面2aを測定する場合につき、以下、広範囲測定という。

また光プローブ13において、出射開口Dの端面からエバネッセント波としての近接場光が滲み出す。この滲み出した近接場光は、出射開口Dと被測定面2aの距離hが

、光源から出射される光の波長 $\lambda$ ／4以下にある場合において、この被測定面2a上に照射されることになる。この近接場光を利用して被測定面2aを測定する場合につき、以下、高分解能測定という。

なお、この広範囲測定と高分解能測定の分類については、上述のモード間干渉型の光の波長に対する距離 $h$ の関係に基づき分類する場合に限定されるものではなく、例えば出射開口Dに対する距離 $h$ の関係に基づき分類してもよい。このとき、距離 $h$ が出射開口D以内である場合に高分解能測定とし、また距離 $h$ が出射開口Dより大きい場合に広範囲測定としてもよい。

ちなみに光プローブ13を構成する光ファイバの表面には、突出させたコア20aの中心部に光出射開口Dが設けられるように、遮光性被覆層33が形成されている。この遮光性被覆層33は、例えばAu、Ag、Al等の遮光性材料からなる薄膜より構成され、外気との接触による酸化促進を抑えるべく、化学的安定性を有するAuを特に用いるようにしてもよい。

なお、この光プローブ13は、さらにプローブ制御部15に装着されている。このプローブ制御部15は、例えば2軸アクチュエータ等により構成され、光プローブ13を被測定面2aに対して近接離間する方向に移動させ、或いは水平方向に走査させる。なお、このプローブ制御部15は、光プローブ13を被測定面2aに対して近接離間する方向に移動させる代わりに、被測定面2aを光プローブ13に対して近接離間する方向へ移動させてもよい。

光検出器14は、被測定面2aからの戻り光を受光して光電変換することにより、輝度信号を生成する。この光検出器14により生成された輝度信号を基に作成した画像は、図示しないディスプレイ上に表示される。ユーザは、図示しないディスプレイ上に表示される画像に基づき、被測定面2aの詳細を測定、観察することができる。

このような構成からなる光検出装置1において、光源11から出射された直線偏光成分を有する波長 $\lambda$ の光は、偏光ビームスプリッタ12を透過し、1／4波長板18により偏光成分を制御された上で、光プローブ13へ入射される。光プローブ13に入射された光は、そのままコア31内を伝搬する。

プローブ制御部15は、高分解能測定時において、例えば図2(a)に示すように、上

記距離 $h$ が波長 $\lambda/4$ 以下となる領域(以下、近接場領域という)に光プローブ13を近接方向に移動させる。その結果、出射開口Dの端面から滲み出した近接場光は、被測定面2a上に照射され、近接場光による微小なスポットが形成されることになる。

一方、プローブ制御部15は、広範囲測定時において、例えば図2(b)に示すように、上記距離 $h$ が波長 $\lambda/4$ より大きくなるように光プローブ13を離間方向に移動させる。これによりコア内を伝搬する伝搬光がそのまま出射されて被測定面2a上へ照射され、伝搬光による大きなスポットが形成されることになる。

ちなみに、この被測定面2aを反射した伝搬光又は近接場光はそれぞれ出射開口Dを介して再び光プローブ13へ入射し、コア31内を伝搬する。そしてこのコア31を出射した伝搬光又は近接場光は、偏光ビームスプリッタ12により反射されて光検出器14へ導かれる。光検出器14へ導かれた伝搬光又は近接場光は、ユーザによる測定を実現すべく、それぞれ輝度信号に変換されることになる。

ユーザは被測定面2a上に形成された伝搬光によるスポットに基づく画像、或いは近接場光によるスポットに基づく画像を図示しないディスプレイを介して視認することが可能となる。

すなわち、本発明を適用した光検出装置1では、装着された一つの光プローブ13を被測定面2aに対して近接離間する方向に移動させることにより、伝搬光によるスポット又は近接場によるスポットを選択的に切り替えて被測定面2a上に形成させることができるため、一つの光プローブ13により、伝搬光を利用した広範囲測定と、近接場光を利用した高分解能測定の双方を実現することができる。

これにより、近接場光を利用した光分解能測定を実現し得る測定システムに、広範囲測定のみ使用する光プローブを別途配設する必要がなくなり、装置規模の小型化を図ることが可能になり、ひいては製造コストを大幅に削減することが可能となる。また広範囲測定から高分解能測定へ測定モードを切り替える際に、利用する光プローブを付け替える必要がなくなり、ユーザの過大な労力を解消することができる。

なお、この光検出装置1では、先ず光プローブ13を被測定面2aに対して離間方向に移動させて、伝搬光を被測定面2a上へ照射することにより、広範囲測定を実行し、次に光プローブ13を被測定面2aに近接させて近接場光を照射することにより、高分

解能測定を実行するようにしてもよい。

これにより、先ず広範囲測定時において試料表面を広範囲に亘りスキャンすることにより通常の光学顕微鏡と同様の原理で全体観察し、次に、より詳細な物性測定を望む微小領域を特定した上で、当該領域へ光プローブ13を水平方向へ走査させて位置合わせを行い、上述の如き近接場光を利用した高分解能測定を実行することが可能となる。

特にこの広範囲測定において、伝搬光による物性測定を行う場合、光プローブ13の被測定面2aに対する高さを一定にすることができるため、かかる測定中において近接離間方向への制御が不要となる結果、より高速な測定が可能となり、さらには近接離間への制御帯域の観点において制約を少なくすることができるという利点がある。また、近接場光を用いる高分解能測定と比較して、一点あたりの測定範囲が広く、低分解能となるため、同じ測定点数において広範囲の測定を実現することができる。

また、特に装着された一つの光プローブ13により、伝搬光と近接場光の2種類のスポットを被測定面2a上に形成可能な光検出装置1では、光プローブの付け替えを省略することができるため、広範囲測定時において微小領域に対して既に合わせ込んだ光プローブ13の位置が、高分解能測定時においてずれることがなくなる。

特にこの被測定面2a上に形成される2種類のスポットの大きさが互いに異なることを利用して、狭い視野の高分解能測定像と広い視野の広範囲測定像を光プローブを付け替えることなく取得することができる。

なお、本発明を適用した光検出装置1では、出射開口Dからの距離dに応じた光プロファイルが各波長で異なることを利用し、さらに光源11から出射される光の波長を制御することにより各種測定を実行するようにしてもよい。

図3は、光源11から出射される光の波長 $\lambda$ が830nmである場合における光プロファイルを示している。この図3に示すように、出射開口Dからの距離d(=750nm)における光プロファイルは、近接場領域における光プロファイルと比較してなだらかになっている。また、出射開口Dからの距離d(=750nm)における光のスポット径は、近接場領域における光のスポット径と比較して1.5倍に拡大している。

図4は、光源11から出射される光の波長 $\lambda$ が680nmである場合における光プロフ

ファイルを示している。この図4に示すように、近接場領域における光プロファイルは、ツインピークとなっているのに対し、出射開口Dからの距離dが増加するに従ってシングルピークへと変化する。

上述のように光プロファイルが変化する理由としては、遮光性被覆層33として適用するAu、Ag、Al等の遮光性材料の透過率が波長毎に異なることや、光プローブ13におけるコア31内部においてモード間干渉が発生していること等が挙げられる。

すなわち、本発明を適用した光検出装置1では、上述した光プロファイルの各波長間における差異を利用し、図5に示すように、光源11から出射される光の波長 $\lambda$ を光波長変換部17により広範囲測定時と高分解能測定時との間で切り替える。例えば、この図5に示すように、高分解能測定時において光源11から出射する光の波長を830nmとすることにより、近接場領域において中央部分が先鋭化された光プロファイルが形成されることになり、出射開口Dから近接場光を効率よく滲出させることができる。

また、広範囲測定時において光源11から出射する光の波長を680nmとすることにより、距離d(=600nm)においてスポット径の大きいシングルピークの光プロファイルが形成されることになる。これにより広範囲測定時において、コア31内を伝搬する伝搬光を効率よく被測定面2aへ照射させることができる。

すなわち、本発明を適用した光検出装置1では、形成される光プロファイルの波長依存性を利用して、各種測定を実行することができる。これにより、装着された一つの光プローブ13におけるコア31内に伝搬させる光の波長を制御することにより、近接場光によるスポット、又は伝搬光によるスポットを被測定面2a上に効率よく形成させることができ、伝搬光を利用した広範囲測定と、近接場光を利用した高分解能測定の双方を一つの光プローブ13により効率よく実現することができる。

また、この光検出装置1では、光プローブ13における出射開口Dの直径hを必要に応じて調整するようにしてもよい。

図6は、出射開口Dの直径tに対する光プロファイルの関係を示している。この図6に示すように、出射開口Dの直径tを $2.0\mu\text{m}$ とした場合における光プロファイルは、検出位置 $0\mu\text{m}$ を中心としたピークを有することになる。また出射開口Dの直径tを $1.$



4  $\mu\text{m}$ とした場合には、検出位置0  $\mu\text{m}$ を挟んで二つのピークが形成されるが、光強度の最大値は、直径 $t$ が2.0  $\mu\text{m}$ の場合と比較して大きくなっている。

また、出射開口Dの直径 $t$ を1.0  $\mu\text{m}$ とした場合には、検出位置0  $\mu\text{m}$ に位置するピークと、検出位置 $\pm 0.5 \mu\text{m}$ に位置するピークとを有する光プロファイルとなる。この光プロファイルによれば、検出位置0  $\mu\text{m}$ に位置するピークの光強度の最大値に対して、検出位置 $\pm 0.5 \mu\text{m}$ に位置するピークの光強度の最大値は小さくなっている。なお、検出位置0  $\mu\text{m}$ に位置するピークの半値幅は、150nm程度となる。ちなみに、出射開口Dの直径 $t$ が550nmであるときには、光出射開口Dの直径 $t$ が1.0  $\mu\text{m}$ である場合よりも弱いピークのみ有するプロファイルとなる。

この図6に示す光プロファイルの関係に基づき、光検出装置1に適用する光プローブ13の出射開口Dにつき、直径 $t$ を最適化して構成することができる。また、光プロファイルにおける出射開口Dに対する依存性を考慮しつつ、コア31内に伝搬させる光の波長を制御することにより、広範囲測定時において伝搬光によるスポットを、また高分解能測定時において近接場光によるスポットを被測定面2a上に形成させることができる。

特に光検出装置1に適用する光プローブ13では、0.9  $\mu\text{m}$ 以上の直径 $t$ からなる出射開口を設けることも可能である。これにより、被測定面2aを反射する戻り光の多くが出射開口Dへ入射されることになり、特に距離 $h$ が長くなる広範囲測定時において光検出器14における受光光量の低下を抑えることができ、光電変換して得られる輝度信号のS/N比を改善することができる。

なお、本発明を適用した光検出装置1では、あくまでの突出させたコア20aの中心部には出射開口Dが設けられている光プローブ13を配設する場合を例にとり説明をしたが、かかる場合に限定されるものではない。例えば図7に示すように、突出させたコア20a全面に遮光性被覆層33aを形成することにより出射開口を設けない構成とした光プローブ43を配設するようにしてもよい。かかる構成において、コア31を伝搬する光は、遮光性被覆層33aを透過することにより被測定面2a側に出射し、また被測定面2aから入射された光は、遮光性被覆層33aを透過してコア31へ導かれることになる。

このように出射開口を設けない構成とした光プローブ43においても、プローブ表面に形成した遮光性被覆層33aと入射光が共鳴し、表面プラズモンが発生する。この表面プラズモンによってプローブ先端に近接場光が発生するので、高分解能測定が可能となる。また、被測定面2a上に発生させた近接場光やエバネッセント光をプローブ43によって検出して測定を行うようにしてもよい。

このとき、光源から出射する光の波長として、遮光性被覆膜33aの材質に対して透過性の高い波長、又は透過性の低い波長の何れかを測定対象に応じて選択するようにしてもよい。これにより、光利用効率の向上を図ることが可能となる。なお、かかる場合における広範囲測定と高分解能測定の分類については、プローブと試料の距離 $h$ とすると、開口を有するプローブを使用する場合には、 $h$ が開口径以上の距離では広範囲測定、それ以下の場合では高分解能測定と分類してもよい。また、図7で示したような開口を設けない構成のプローブであれば距離 $h \geq$ コア先端20aの曲率半径、である場合に広範囲測定とし、また距離 $h <$ コア先端20aの曲率半径、である場合に高分解能測定としてもよい。

また、上述した光プローブ13、43の形状、遮光性被覆層33の材質はいかなるものであってもよい。すなわち、被測定面2a上に形成させるスポットの形状や大きさに応じて、配設する光プローブ13、43の形状、材質を、上述した波長との関係において決定するようにしてもよい。

また、本発明を適用した光検出装置1は、上述した実施の形態に限定されるものではなく、例えば図8に示すような光検出装置8に適用してもよい。この光検出装置8において、光検出装置1と同一の構成要素、部材に関しては、同一の番号を付して説明を省略する。

この光検出装置8は、光を出射する光源11と、光源11から出射された光のスポット径を制御する光結合光学系53と、入射される光を分岐するファイバカプラー51と、ファイバカプラー51からの光を集光して試料2における被測定面2aへ照射する光プローブ13と、光プローブ13に対して試料2を近接離間する方向へ移動させるZ軸ステージ9と、被測定面2aからの戻り光を検出する光検出器14と、ファイバカプラーにより分岐された光をモニタリングするためのモニタ用パワーメータ52とを備えている。

ファイバカプラー51は、光源から出射された光を、光プローブ13と、モニタ用パワーメータ52とに分岐させるための機器であり、例えば両者に対して50%:50%に分岐する2対2のファイバカプラーを用いた場合、光路pから入射された光は、光路r、sから各々50%ずつ出射されることになる。光路sから出射される光の強度をモニタ用パワーメータ52より検出し、検出した光の強度を基準として、光源11と、ファイバカプラー51における光路pに対する端面との距離を調整することにより、導光効率を調整することができる。また、光プローブ13から出射される近接場光の強度を調整、推定することも可能となる。

上述した調整を完了させた後、光検出装置1と同様に光プローブ13を用いて、滲出させた近接場光によるスポットを被測定面2a上に形成させる。また被測定面2aから光プローブ13への戻り光は、ファイバカプラー51を通過する際において、その強度が50%:50%となるように分割され、一部は光検出器14により検出されることになる。これにより、光検出装置1と同様の測定が実現されることになる。

ちなみに、この光検出装置8では、ファンクションジェネレータ(FG)58を用いて光源11に周波数変調をかけ、ロックインアンプ(LIA)59を用いてその周波数成分のみを検出することにより、外乱光を除去するようにしてもよいことは勿論である。

また、本発明を適用した光検出装置1に配設される光プローブは上述した実施の形態に限定されるものではなく、例えば図9に示すように、プローブ先端を2段テーパ形状にした光プローブ93に代替してもよい。この光プローブ93において上述した光プローブ13と同一の構成要素、部材については、同一の番号を付すことにより、ここでの説明を省略する。

光プローブ93は、コア31の周囲にクラッド32が設けられた光ファイバにより構成され、コア31は、2段テーパとなるように仕上げられ、かかるコア31並びにクラッド32は、遮光性被覆膜33により被覆されてなる。

ここでコア31内を伝搬する伝搬光につき、遮光性被覆膜33を透過可能な波長とした場合には、図9中1段目のテーパを透過して外部から出射した伝搬光が被測定面2a上にスポットを結び、広範囲測定が可能となる。これに対して、かかる伝搬光につき、遮光性被覆膜33を透過不能な波長とした場合には、1段目のテーパによって伝

搬光が2段目のテーパに集まり、近接場光が発生することとなる。このため、近接場光の発生効率を高めることができるとともに、より高分解能な測定が可能となる。

なお、この光プローブ93のテーパは、近接場光の発生効率をより向上させるべく、また、先鋭化させることによりシアフォース分解能を高めるべく、3段以上の多段テーパ形状にしてもよいことは勿論である。

以上詳細に説明したように、本発明を適用した光検出装置及び方法は、出射開口が設けられるように遮光性被覆層が形成されてなる光ファイバプローブ、或いは、上記コア先端を遮光性被覆層で被覆した光ファイバプローブのコアに出射された光を伝搬させ、被測定面に対して光ファイバプローブを近接離間する方向へ移動させることにより、或いは上記被測定面を上記光ファイバプローブに対して近接離間する方向へ移動させることにより、コアを伝搬した伝搬光或いは出射開口から滲出した近接場光の何れかに基づくスポットを被測定面上に形成させ、当該スポットに基づく戻り光を検出する。

これにより、装着された一つの光プローブにより、通常の伝搬光を利用した測定と、近接場光を利用した測定を選択的に切り替えて実現することができる。このため、近接場光を利用した光分解能測定を実現し得る測定システムに、広範囲測定のみを使用する光プローブを別途配設する必要がなくなり、装置規模の小型化を図ることが可能になり、ひいては製造コストを大幅に削減することが可能となる。また広範囲測定から高分解能測定へ測定モードを切り替える際に、利用する光プローブを付け替える必要がなくなり、ユーザの過大な労力を解消することができる。

なお、本発明は、図面を参照して説明した上述の実施例に限定されるものではなく、添付の請求の範囲及びその主旨を逸脱することなく、様々な変更、置換又はその同等のものを行うことができることは当業者にとって明らかである。

### 産業上の利用可能性

[0006] 以上詳細に説明したように、本発明を適用した光検出装置及び方法では、光ファイバプローブの先端を被測定面へ対向させ、光ファイバプローブからの光によるスポットを被測定面上に形成されるとともに、被測定面からの光を光ファイバプローブにより検出する光検出方法において、光ファイバプローブのコアを伝搬した伝搬光を利用

した広範囲測定モードと、光ファイバプローブのコアを滲出した近接場光を利用した高分解能測定モードとを有する。

これにより、装着された一つの光プローブにより、通常の伝搬光を利用した測定と、近接場光を利用した測定を選択的に切り替えて実現することができる。このため、近接場光を利用した光分解能測定を実現し得る測定システムに、広範囲測定のみを使用する光プローブを別途配設する必要がなくなり、装置規模の小型化を図ることが可能になり、ひいては製造コストを大幅に削減することが可能となる。また広範囲測定から高分解能測定へ測定モードを切り替える際に、利用する光プローブを付け替える必要がなくなり、ユーザの過大な労力を解消することができる。

## 請求の範囲

- [1] 1. 光ファイバプローブの先端を被測定面へ対向させ、上記光ファイバプローブからの光によるスポットを被測定面上に形成させるとともに、上記被測定面からの光を上記光ファイバプローブにより検出する光検出装置において、  
上記光ファイバプローブのコアを伝搬した伝搬光を利用した広範囲測定モードと、上記光ファイバプローブのコアを滲出した近接場光を利用した高分解能測定モードとを有することを特徴とする光検出装置。
- [2] 2. 上記光ファイバプローブ先端と上記被測定面との距離に基づき、上記広範囲測定モードと上記高分解能測定モードとを切り替えることを特徴とする請求の範囲第1項記載の光検出装置。
- [3] 3. 上記距離が所定値を超えている場合には上記広範囲測定モードに切り替え、上記距離が上記所定値以下の場合には上記高分解能測定モードへ切り替えることを特徴とする請求の範囲第2項記載の光検出装置。
- [4] 4. 上記光ファイバプローブのコア先端の中心部に形成されている出射開口の直径のサイズに対応させた上記距離に基づき、上記広範囲測定モードと上記高分解能測定モードとを切り替えることを特徴とする請求の範囲第2項記載の光検出装置。
- [5] 5. 上記広範囲測定モードと上記高分解能測定モードとを切り替える際に、上記光ファイバプローブと上記被測定面との距離を変更させる距離変更手段を備えることを特徴とする請求の範囲第2項記載の光検出装置。
- [6] 6. 上記光ファイバプローブは、上記コア先端の中心部に射出開口が形成されてなることを特徴とする請求の範囲第2項記載の光検出装置。
- [7] 7. 上記光ファイバプローブは、上記コア先端に遮光性被覆層が形成されてなることを特徴とする請求の範囲第1項記載の光検出装置。
- [8] 8. 上記広範囲測定モードにより被測定面からの光を検出した後に、上記高分解能測定モードへ切り替えることを特徴とする請求の範囲第1項記載の光検出装置。
- [9] 9. 上記伝搬光を出射する光源と、上記光源から出射される光の波長を制御する波長制御手段とをさらに備えることを特徴とする請求の範囲第1項記載の光検出装置。
- [10] 10. 上記波長制御手段は、上記光源から出射される光の波長を、上記広範囲測定

モードと上記高分解能測定モードとの間で切り替えることを特徴とする請求の範囲第9項記載の光検出装置。

- [11] 11. 上記光ファイバプローブは、上記コア先端の中心部に射出開口が設けられるように遮光性被覆層が形成されてなり、上記波長制御手段は、上記光源から射出される光の波長を、上記遮光性被覆層の材質に基づいて決定された波長に制御することを特徴とする請求の範囲第9項記載の光検出装置。
- [12] 12. 上記伝搬光を射出する光源と、上記光源から射出された伝搬光をモニタリングする光モニタリング手段をさらに備えることを特徴とする請求の範囲第9項記載の光検出装置。
- [13] 13. 光ファイバプローブの先端を被測定面へ対向させ、上記光ファイバプローブからの光によるスポットを被測定面上に形成されるとともに、上記被測定面からの光を上記光ファイバプローブにより検出する光検出方法において、上記光ファイバプローブのコアを伝搬した伝搬光を利用した広範囲測定モードと、上記光ファイバプローブのコアを滲出した近接場光を利用した高分解能測定モードとを有することを特徴とする光検出方法。
- [14] 14. 上記光ファイバプローブ先端と上記被測定面との距離に基づき、上記広範囲測定モードと上記高分解能測定モードとを切り替えることを特徴とする請求の範囲第13項記載の光検出方法。
- [15] 15. 上記距離が所定値を超えている場合には上記広範囲測定モードに切り替え、上記距離が上記所定値以下の場合には上記高分解能測定モードへ切り替えることを特徴とする請求の範囲第14項記載の光検出方法。
- [16] 16. 上記光ファイバプローブのコア先端の中心部に形成されている射出開口の直径のサイズに対応させた上記距離に基づき、上記広範囲測定モードと上記高分解能測定モードとを切り替えることを特徴とする請求の範囲第14項記載の光検出方法。
- [17] 17. 上記広範囲測定モードと上記高分解能測定モードとを切り替える際に、上記光ファイバプローブと上記被測定面との距離を変更させる距離変更ステップを有することを特徴とする請求の範囲第14項記載の光検出方法。
- [18] 18. 上記コア先端の中心部に射出開口が形成された光ファイバプローブにより上記

被測定面からの光を検出することを特徴とする請求の範囲第13項記載の光検出方法。

- [19] 19. 上記コア先端に遮光性被覆層が形成された光ファイバプローブにより上記被測定面からの光を検出することを特徴とする請求の範囲第13項記載の光検出方法。
- [20] 20. 上記広範囲測定モードにより被測定面からの光を検出した後に、上記高分解能測定モードへ切り替えることを特徴とする請求の範囲第13項記載の光検出方法。
- [21] 21. 上記伝搬光を出射する出射ステップと、上記出射ステップにおいて出射した光の波長を制御する波長制御ステップとをさらに有することを特徴とする請求の範囲第13項記載の光検出方法。
- [22] 22. 上記波長制御ステップでは、上記出射ステップにおいて出射した光の波長を、上記広範囲測定モードと上記高分解能測定モードとの間で切り替えることを特徴とする請求の範囲第21項記載の光検出方法。
- [23] 23. 上記出射開口が設けられるように遮光性被覆層が形成された光ファイバプローブにより上記被測定面からの光を検出し、上記波長制御ステップでは、上記出射ステップにおいて出射した光の波長を、上記遮光性被覆層の材質に基づいて決定された波長に制御することを特徴とする請求の範囲第21項記載の光検出方法。
- [24] 24. 上記伝搬光を出射する出射ステップと、上記出射ステップにおいて出射した伝搬光をモニタリングする光モニタリングステップとをさらに有することを特徴とする請求の範囲第13項記載の光検出方法。





[図3]

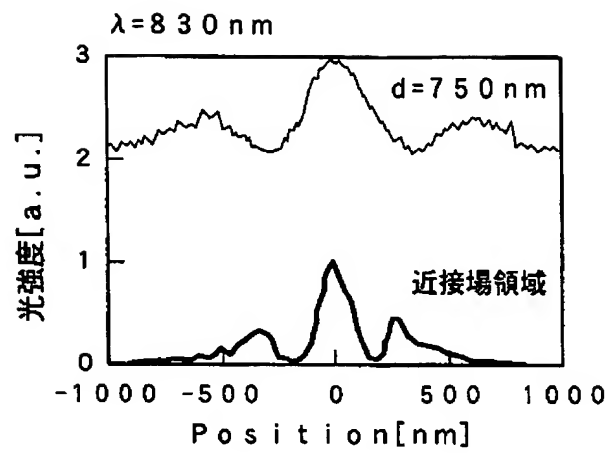


FIG.3

[図4]

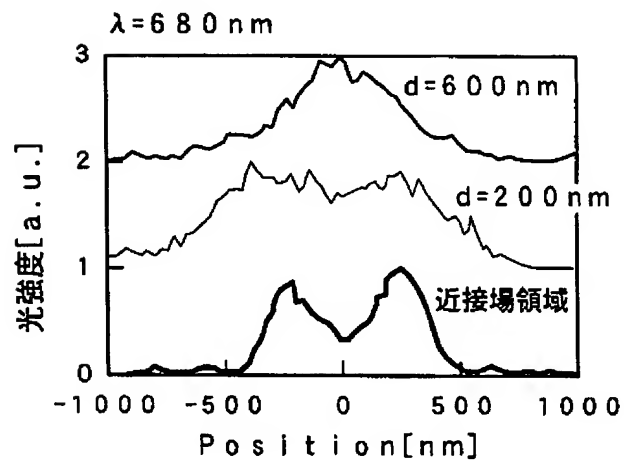


FIG.4

[図5]

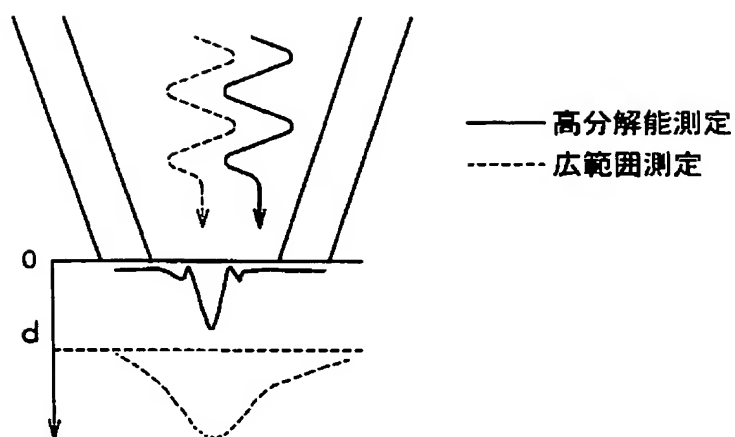


FIG.5

[図6]

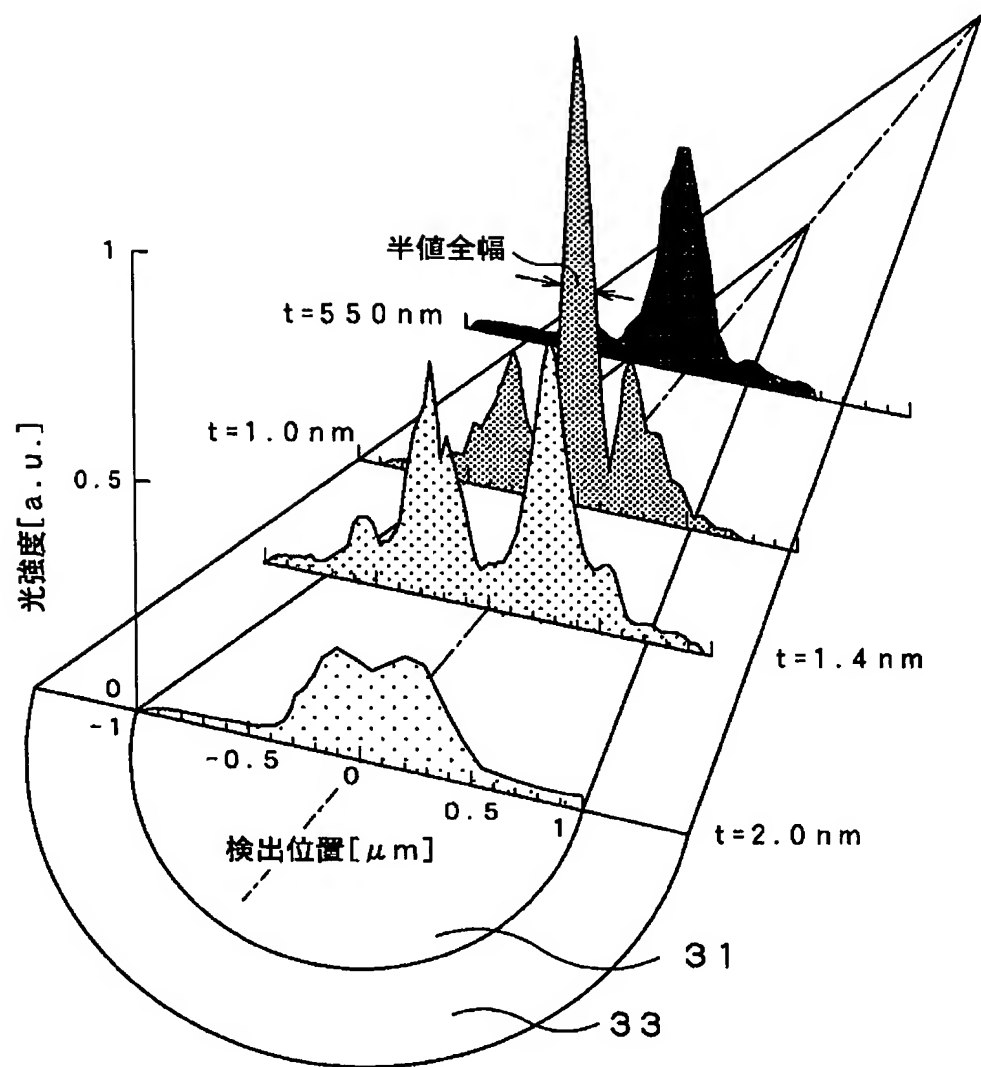


FIG.6

[図7]

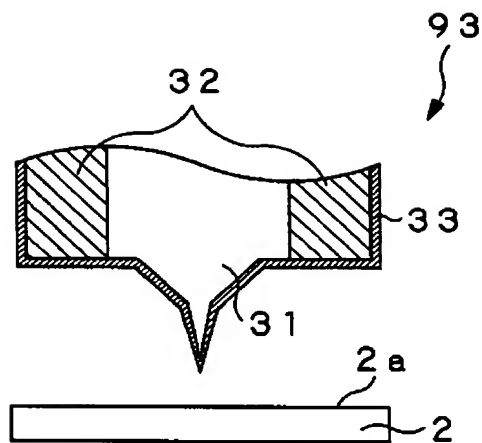


FIG. 7

[図8]

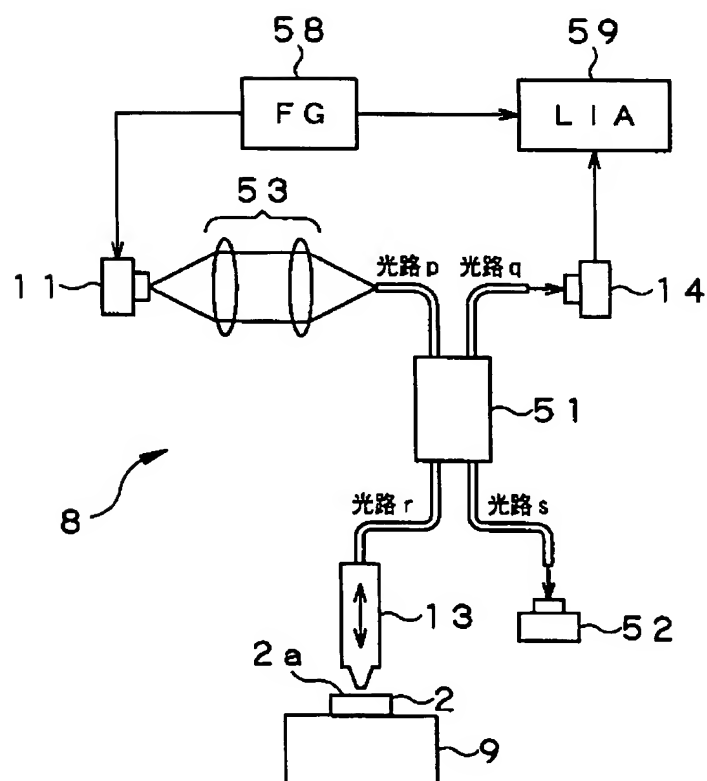


FIG. 8

[図9]

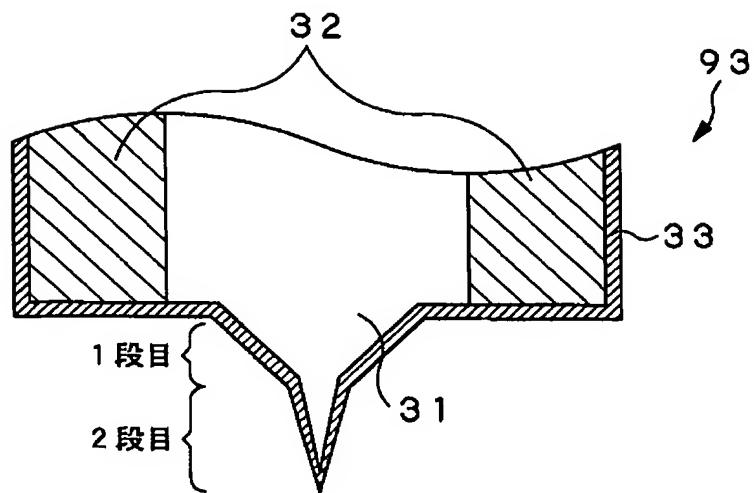


FIG.9

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/009748

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> G01N13/14

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> G01N13/10-13/24

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2000-67462 A (Canon Inc.), 03 March, 2000 (03.03.00), Par. No. [0021]; all drawings (Family: none)	1-4, 8, 13-16, 20, 24
Y		5-7, 9-12, 17-19, 21-23
Y	JP 7-260808 A (Seiko Instruments Inc.), 13 October, 1995 (13.10.95), Par. Nos. [0009], [0014]; all drawings & EP 674200 A & US 5627365 A	5, 17
Y	JP 2000-97839 A (Canon Inc.), 07 April, 2000 (07.04.00), Par. No. [0010]; all drawings (Family: none)	6, 7, 18, 19

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
20 October, 2004 (20.10.04)

Date of mailing of the international search report  
09 November, 2004 (09.11.04)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/009748

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 10-293133 A (Olympus Optical Co., Ltd.), 04 November, 1998 (04.11.98), Par. Nos. [0012], [0042], [0043]; all drawings & US 6064060 A	9-12, 21-23



## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> G01N13/14

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> G01N13/10 - 13/24

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年

日本国公開実用新案公報 1971-2004年

日本国登録実用新案公報 1994-2004年

日本国実用新案登録公報 1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP 2000-67462 A (キヤノン株式会社) 2000.03.03、【0021】、全図 (ファミリーなし)	1-4, 8, 13-16, 20, 24 5-7, 9-12, 17-19, 21-23
Y		

☒ C欄の続きにも文献が列举されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

20.10.2004

国際調査報告の発送日

09.11.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

遠藤 孝徳

2 J

3 2 1 0

電話番号 03-3581-1101 内線 3251

## C (続き) . 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 7-260808 A (セイコー電子工業株式会社) 1995. 10. 13、【0009】、【0014】、全図 & EP 674200 A & US 5627365 A	5, 17
Y	JP 2000-97839 A (キヤノン株式会社) 2000. 04. 07、【0010】、全図 (ファミリーなし)	6, 7, 18, 19
Y	JP 10-293133 A (オリンパス光学工業株式会社) 1998. 11. 04、 【0012】、【0042】、【0043】、全図 & US 6064060 A	9-12、 21-23